

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift  
**Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet**  
(Proceedings from the Annual Transport Conference  
at Aalborg University)  
ISSN 1603-9696  
[www.trafikdage.dk/artikelarkiv](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv)



# Trafiksikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier

Thomas Skallebæk Buch, [tsb@trafitec.dk](mailto:tsb@trafitec.dk)  
Trafitec, Diplomvej 376, 2800 Kgs. Lyngby

---

## Abstrakt

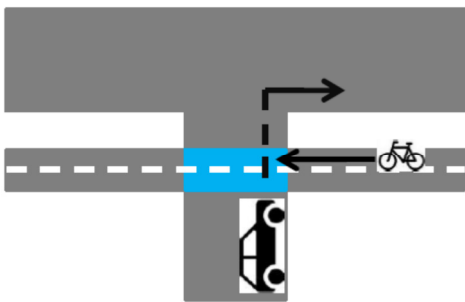
Følgende artikel præsenterer en undersøgelse af trafiksikkerheden i vigepligtsregulerede kryds, hvor en dobbeltrettet cykelsti løber langs vej og skærer et krydsben. I undersøgelsen indgår 776 vej-stikryds fordelt på 17 kommuner med i alt 384 uheld, hvor mindst én part har benyttet den dobbeltrettede cykelsti. På baggrund af krydsregistreringer, uheldstal og trafiktællinger er uheldsfrekvenser samt uhelds- og personskademodeller udarbejdet. Modellerne er estimeret ved regressionsanalyse på baggrund af trafik- og designvariable, og de er opstillet som en negativ binomialfordelt log-link funktion. Det er sikrest at udføre vej-stikryds i to plan. For stitrafikanterne er der en høj grad af "safety in numbers". Vej-stikryds i ét plan er sikrest, når stitrafikken er pålagt vigepligt, og der er mindst 6 meter mellem sti og nærmeste kørespor for ligeudkørende trafik på primærvejen. Er vejtrafikken pålagt vigepligt, er det en fordel, at der er en vigepligt både før vej-stikrydset og vej-vejkrydset. Hvis der ikke er plads til dette, skal stien helst placeres tættest muligt på primærvejen. Synliggørelse af stiforløbet ved hjælp af stiplede midtlinje på sti, farvet cykelfelt og vigepligtstavler øger antallet af uheld.

---

## 1 Baggrund og formål

Undersøgelsen af trafiksikkerheden i vigepligtsregulerede kryds, hvor en dobbeltrettet cykelsti løber langs vej og skærer et krydsben, er udført af Trafitec for Vejregelgruppen Trafiksikkerhed. Formålet med undersøgelse er at klarlægge eventuelle sammenhænge mellem udformning og ulykkesrisiko i denne krydstype. Undersøgelsen er et supplement til resultaterne fra et speciale fra DTU Transport (Buch, 2011), der gennem et uheldsstudie og et observationsstudie undersøgte vigepligtsregulerede tre- og firebenede vejkryds, hvor en dobbeltrettet cykelsti skærer sidevejen, og vejtrafikken har vigepligt.

Specialet konkluderede, at der skete signifikant flere uheld mellem personbiler/varebiler og knallerter/cykler kørende på den dobbeltrettede cykelsti mod trafikken i nærmeste kørespor end med trafikken. Andelen var ca. 75 %. Specialet viste desuden i god overensstemmelse med internationale undersøgelser, at uheldssituation 620 (se Figur 1 på næste side), hvor motorkøretøjet svingede til højre fra sidevejen var hyppigst forekommende. Specialets observationsstudie viste, at op til 20 % af de højresvingende bilister/varebilister fra sidevejen ikke så til højre før fremkørsel. Dette varierede afhængig af tilstedeværelsen af trafik på primærvej og lokalitet.



Figur 1 - Uheldssituation 620. Uheld ved højresving ud foran "modkørende"

Som supplement til denne viden har det været et ønske fra Vejregelgruppen Byernes Trafikarealer at klarlægge, hvilken sammenhæng der er mellem udformning og ulykkesrisiko. Følgende er derfor en trafiksikkerhedsanalyse, der ved hjælp af uheldsfrekvenser og uheldsmodeller søger at klarlægge betydningen af udformningen for ulykkesrisikoen. I forbindelse med undersøgelsen er der udarbejdet en rapport (Buch og Jensen, 2013), som kan hentes på [www.trafitec.dk](http://www.trafitec.dk).

## 2 Data og metode

I forbindelse med analysen er der foretaget krydsregistreringer, uheldsudtræk og trafiktællinger. På baggrund af dette beregnes uheldsfrekvenser som antal uheld pr. million trafikanter. Ligeledes udvikles uhelds- og personskademodeller til at beregne uhelds- og personskadetætheden.

### 2.1 Kryds, uheld og trafiktal

Samtlige vej-stikryds med dobbeltrettede cykelstier i forbindelse med vigepligtsregulerede vej-vejkryds i 17 kommuner er inddraget i undersøgelsen. Krydsene er medtaget, hvis sidevejen er brolagt/asfalteret og har selvstændigt vejnavn eller en forventet ÅDT på minimum 100 køretøjer. De 17 kommuner er placeret i hele Danmark og er udtaget ved, at det ud fra uheldsudtræk fra 2000-2011 er skønnet, at kommunerne indeholder mindst ét vej-stikryds med minimum fire uheld på de 12 år. Undersøgelsen omfatter landkommuner, kommuner med store provinsbyer og forstadskommuner. Ved hjælp af luftfoto og Google Street View er forskellige designforhold i krydsene registreret. I alt 776 vej-stikryds er registreret, hvoraf 584 (75 %) ligger i forbindelse med et trebenet kryds, 87 (11 %) i forbindelse med et firebenet kryds og de sidste 105 (14 %) i forbindelse med en rundkørsel.

Politiregistrerede uheld i perioden 2000-2011 er udtrukket for krydsene. Både personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstra uheld anvendes. Den lange periode er valgt for at øge datamængden, da der årligt forekommer færre end 100 uheld i Danmark i vej-stikryds med dobbeltrettede cykelstier. I alt er der sket 384 uheld i de registrerede vej-stikryds, hvor mindst én af parterne har benyttet den dobbeltrettede cykelsti. I 53 % af uheldene benytter en cyklist stien, og i 47 % af uheldene benytter en fører af en lille knallert (knallert30) stien. Næsten alle uheldene involverer desuden et motorkøretøj. Personskadeuheld udgør 188 uheld (49 %), mens ekstra uheld udgør 27 uheld (7 %).

I 584 af vej-stikrydsene er der ikke sket uheld i undersøgelsens 12 år, mens der i et kryds er sket 9 uheld. Individuelle uheldsperioder må anvendes for krydsene, da under halvdelen af vej-stikrydsene har haft samme design i hele uheldsperioden.

Trafiktal er nødvendige til at beregne uheldsfrekvenser og udarbejde modeller. Da trafiktal for cykelstier er sjældne, har det været nødvendigt at foretage tællinger i projektet. Det har ikke været tidsmæssigt muligt at tælle trafik i alle kryds. Det er valgt at tælle trafik i forholdsvis mange kryds i korte tidsrum frem for at tælle trafik i få kryds i lange tidsrum. Dette giver ikke præcise trafiktal, men et godt indtryk af trafikmængderne. Tællingerne er af 30 minutters varighed og er udført i maj og juni 2013. 188 kryds er udvalgt på baggrund af type, zone, uheldstal og designforhold og matchet med de øvrige kryds. Blandt de mest uheldsbelastede kryds er andelen af kryds med trafiktællinger højest.

## 2.2 Modellering

Uhedsfrekvenser beregnes som antal uheld pr. million trafikanter på baggrund af uheld og trafiktal.

Modeller udarbejdes, hvor uheds- og personskadetætheden (UHT) estimeres ved regressionsanalyse på baggrund af uafhængige variable bestående af trafikmængder ( $N_i$ ) og designvariable ( $x_i$ ):

$$UHT = a \cdot N_i^{P_i} \cdot \exp\left(\sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i\right)$$

hvor  $a$ ,  $P_i$  og  $b_i$  er konstanter, der estimeres. Modellen opstilles som en negativ binomialfordelt log-link funktion og er udarbejdet ved GENMOD proceduren i programmet, SAS.

Modellerne estimeres for antallet af uheld i vej-stikrydsene og antallet af personskader i forbindelse med disse uheld. Der udarbejdes modeller på baggrund af to forskellige datamængder. Der udvikles modeller på baggrund af de lidt under halvdelen af krydsene, hvor der ikke er foretaget ombygninger, og uhedsperioden er 12 år. På baggrund af to forskellige vægte udvikles desuden modeller baseret på samtlige kryds. Den ene vægt baseres på længden af hvert vej-stikryds' uhedsperiode divideret med 12 år. Den anden baseres på det samlede antal uheld/personskader i forbindelse med uheld, der involverer cykler og små knallerter i Danmark. De to vægtningsmetoder giver stort set identiske modeller, og derfor anvendes kun den sidste vægtningsmetode. Modellerne baseret på krydsene med fuld uhedsperiode har den største forklaringskraft, mens datagrundlaget er større, hvor alle kryds inddrages, og individuel uhedsperiode anvendes.

Parameterestimerterne og 95%-konfidensinterval for disse beregnes. Derudover beregnes modellens forklaringskraft ved hjælp af Elviks indeks,  $R_k^2$ :

$$R_k^2 = 1 - \frac{k_{model}}{k_{oprindelig}}$$

Hvor  $k$  er spredningsparameteren beregnet ved GENMOD proceduren.  $k$  er et udtryk for, hvor meget systematisk variation, der findes. Den oprindelige  $k$ -værdi beregnes uden at inddrage variable i modellen. Elviks indeks kan bruges til at forklare, hvor stor en del af den systematiske variation i antallet af uheld (eller personskader) i undersøgelsens kryds, som kan forklares ved den opstillede model. Udover den systematiske variation vil der også være en tilfældig variation i antallet af uheld et givent sted, som ikke kan forklares ved en model.

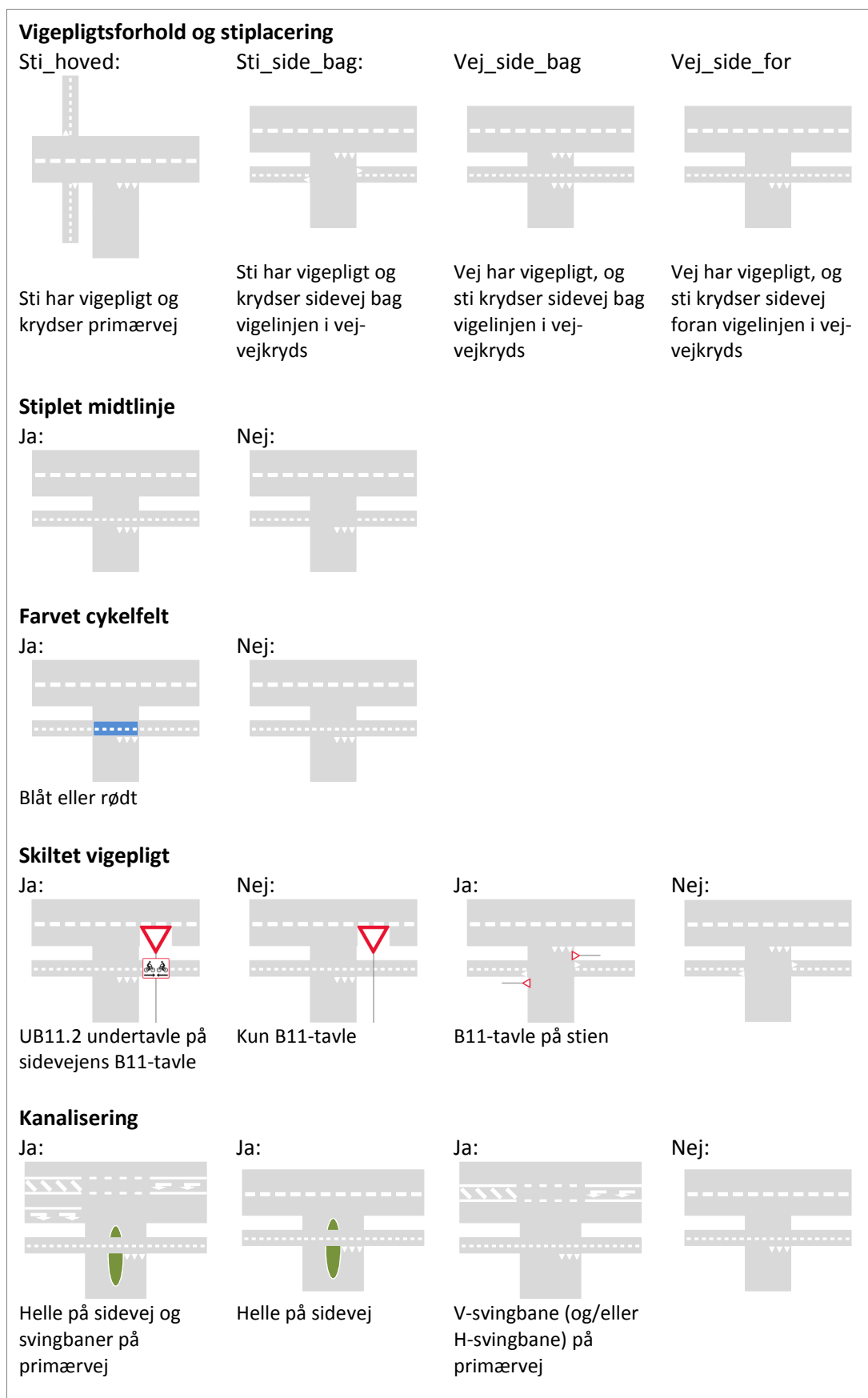
I fortolkningen af modellerne er det vigtigt at bemærke, at en designvariabel kan vise sig at være signifikant, fordi den er korreleret med en trafikmængde, der ikke indgår. Ligeledes kan designvariable have betydning for antallet af uheld, selvom de ikke er signifikante.

## 3 Resultater

Det er i høj grad de samme variable, der indgår i modeller baseret på vej-stikryds med fuld uhedsperiode og modeller baseret på alle vej-stikryds. I de to uhedsmodeller indgår to trafikvariable, ÅDT for indkørende motorkøretøjer i vej-vejkrydset og ÅDT for stitrafik på stien. I de to personskademodeller indgår kun ÅDT for stitrafikken.

Der er fem designvariable, der går igen i de forskellige modeller – dog maksimalt fire i en model (se illustrationer i Figur 2 på næste side). Den vigtigste er tilstedeværelsen af stiptet midtlinje på stien i vej-stikrydset. Derudover er vigepligt vigtig. De tre øvrige variable omhandler forekomst af farvet cykelfelt, om vigepligten er skiltet med undertavle UB11.2 på sidevejens B11-tavle eller B11-tavle på stien, og om der er en kanalisering i vej-vejkrydset i form af en helle på sidevejen og/eller svingbaner på primærvejen. Langt

flere variable end disse fem f.eks. oversigtsforhold, afstand mellem vej og sti, zone og hastighed er testet, men har ikke været signifikante.

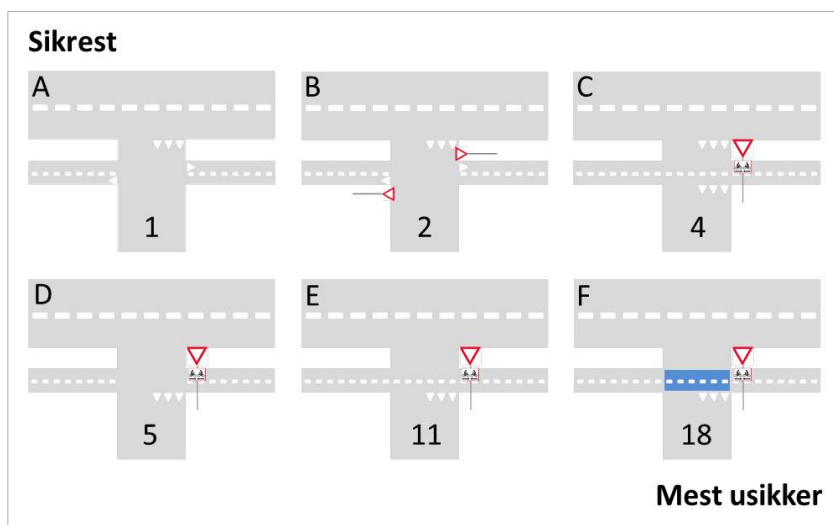


Figur 2 - Illustrationer af forskellige designforhold, der indgår i modellerne

Uheldsmodellen udviklet på baggrund af vej-stikryds uden ombygninger i samtlige 12 år indeholder fire designvariable udover de to trafikvariable. De fire designvariable er "Vigepligtsforhold og stiplacering", "Stiplet midtlinje", "Farvet cykelfelt" og "Skiltet vigepligt". Modellen kan forklare 65,7 % af den systematiske variation. Uheldsmodellen baseret på samtlige vej-stikryds med individuel uheldsperiode omfatter de samme designvariable undtagen "Farvet cykelfelt", men til gengæld indgår "Kanalisering". Modellens forklaringskraft er på 54,1 % af den systematiske variation. Personskademodelen, der er udviklet på baggrund af vej-stikryds uden ombygninger i samtlige 12 år, medtager "Stiplet midtlinje", "Vigepligtsforhold og stiplacering" og "Farvet cykelfelt" og har en forklaringskraft på 76,6 %. Den sidste personskademodel baseret på samtlige vej-stikryds med individuel uheldsperiode medtager "Stiplet midtlinje", "Vigepligtsforhold og stiplacering", "Farvet cykelfelt" og "Kanalisering". Denne model kan forklare 58,6 % af den systematiske variation i personskadetætheden.

Der er ikke forskel på, om designvariablene betyder færre eller flere uheld/personskader i de forskellige modeller. Derfor illustreres kun resultaterne fra én af modellerne i denne artikel. For størrelserne af de forskellige parameterestimater og resultaterne for de resterende tre modeller henvises til Buch og Jensen (2013).

I Figur 3 præsenteres resultaterne af uheldsmodellen baseret på vej-stikrydsene uden ombygninger i samtlige 12 år ved nogle af de hyppigst forekommende designkombinationer startende med den mest sikre (A). Tallene ved de forskellige principskitser angiver uheldsrisikoen ved den enkelte designkombination i forhold til designkombination A. Eksempelvis vil der kunne forventes 18 gange så mange uheld ved designkombination F som ved designkombination A, såfremt trafikmængderne er ens. Datagrundlaget for denne model er 191 uheld fordelt på 332 vej-stikryds.



Figur 3 - Resultat af uheldsmodel. Uheldsrisikoen for B-F sat i forhold til A

### 3.1 Betydningen af trafikmængder

Ved modelleringen er det både ÅDT for motorkøretøjer, der krydser stien og ÅDT for samtlige indkørende motorkøretøjer i vej-vejkrydset, der er signifikante og kan indgå i uheldsmodeller, men ikke samtidigt pga. korrelation. Det er værd at bemærke, at det er ÅDT for samtlige indkørende motorkøretøjer i vej-vejkrydset, der indgår i uheldsmodellerne, da denne variable er stærkest og dermed væsentligere end hvor mange, der rent faktisk krydser stien. Dette betyder, at to identiske vej-stikryds i forhold til design, stitrafik og hvor mange motorkøretøjer, der krydser stien, vil have forskellige uheldstal, såfremt ÅDT på primærvejen er forskellig. Der vil således ske flest uheld i dét af de to vej-stikryds, hvor ÅDT på primærvejen er størst, og det er vanskeligst at svinge ind på/væk fra primærvejen. En fordobling i antallet af indkørende

motorkøretøjer i vej-vejkrydset øger imidlertid kun antallet af uheld i vej-stikrydset med 21-25 %. Der er sket 0,09 uheld i undersøgelsens vej-stikryds pr. million motorkøretøjer, der krydser stierne.

Stier med store trafikmængder er sikrere for den enkelte stitrafikant i vej-stikrydsene sammenlignet med stier med små trafikmængder. En fordobling i antallet af stitrafikanter øger antallet af uheld med 26-31 % og antallet af personskader med 18-29 %. I alt er der sket 0,47 cykeluheld pr. million cykler gennem vej-stikrydsene, hvilket dog varierer mellem 0,31 og 1,60 afhængig af ÅDT for cykler. For lille knallert er der 3,48 knallertuheld pr. million knallerter gennem vej-stikrydsene. Dette varierer også afhængig af ÅDT, men der er meget stor usikkerhed ved disse trafiktællinger. Der er således en høj grad af "safety in numbers" for stitrafikanter.

### 3.2 Betydningen af vigepligtsforhold

Den sikreste løsning er, at dobbeltrettet cykelsti og vej krydser hinanden i to plan. I forbindelse med kryds med denne designløsning er der ikke forekommet uheld med stitrafikanter, og derfor indgår vej-stikryds i to plan ikke i modellerne. Stiforløbet skal imidlertid designses således, at det ikke frister stitrafikanter til at benytte vejene i stedet for stien.

Som det fremgår af principskitserne med forskellige designkombinationer i Figur 3, sker der færrest uheld, hvis vigepligten er pålagt stitrafikken, når vej-stikrydset er i ét plan. Det er dog ikke helt ligegyldigt, hvordan krydsene er designet. Skærer stien en sidevej i forbindelse med rundkørsler eller trebenede kryds, hvor venstresving ikke er tilladt, er uheldsfrekvensen markant højere, når vejtrafikken har vigepligt. Ligeledes har afstanden mellem vej og sti betydning for antallet af uheld, uanset hvem vigepligten er pålagt. Dette fremgår af uheldsfrekvenserne i Tabel 1.

**Tabel 1 - Antal uheld pr. million krydsende stitrafikanter afhængig af, hvor meget stien er tilbagetrukket i forhold til vejen, og om vej- eller stitrafikken har vigepligt i krydsene. 676 vej-stikryds, 309 uheld.**

Afstand mellem sti og primærvej	Vigepligt pålagt stitrafik	Vigepligt pålagt vejtrafik
0-3,0 meter	0,35	0,69
3,1-6,0 meter	0,39	1,08
6,1-12,0 meter	0,12	1,33
>12, 0 meter	0,16	1,14

Er vigepligten pålagt stitrafikken er det en fordel, at der er minimum 6 meter mellem sti og det nærmeste kørespor for ligeudkørende trafik. Uheldsfrekvensen er ved en sådan løsning på 0,12-0,16 uheld pr. million stitrafikanter. Er afstanden mindre end 6 meter er uheldsfrekvensen på 0,35-0,39 uheld pr. million stitrafikanter. Vigepligt for stitrafikken er særlig velegnet, hvor der er langt mellem vej-stikrydsene, og mange motorkøretøjer krydser stien.

Er vigepligten pålagt vejtrafikken gælder det modsatte forhold. Er afstanden mellem sti og nærmeste kørespor for ligeudkørende trafik på maksimalt 3 meter, sker der 0,69 uheld pr. million stitrafikanter. Dette vokser til 1,14-1,33 uheld pr. million stitrafikanter, hvis afstanden er over 6 meter.

Uheldsrisikoen ved vigepligt pålagt vejtrafikken kan nedsættes betragteligt, hvis der er plads til at placere en vigelinje for trafikken fra sidevejen både ved vej-stikrydset og ved vej-vejkrydset. Dette kan ikke ses af Tabel 1, da det er krydsene uden den ekstra vigelinje, der styrer størrelsen af uheldsfrekvenserne, hvor vejtrafikken er pålagt vigepligt. Til gengæld fremgår forskellen tydeligt af uheldsmodellen i Figur 3. Designkombination C og E er fuldstændig identiske bortset fra, at designkombination C har en ekstra vigelinje ved vej-vejkrydset og dermed en noget lavere øget uheldsrisiko i forhold til designkombination A.

### 3.3 Betydningen af afmærkning og skilte

Uheldsmodellen i Figur 3 viser også, at afmærkning af stiforløb gennem krydset ved hjælp af stiplede midtlinje på stien, farvet cykelfelt i krydset og skiltet vigepligt for stitrafik eller undertavle med oplysning

om dobbeltrettet cykelsti for vejtrafik øger antallet af uheld. Noget af forklaringen på dette kan måske hentes i, at disse designløsninger i højere grad er fravalgt langs mindre fordelingsveje i boligområder, hvor stistrækningerne er korte og vej- såvel som stitrafikanterne vælger lavere hastighed. Løsningerne er også oftere fravalgt, hvor stien krydser vejen i et overkørselsareal og belægningen er mere ujævn, hvilket kan være hastighedsdæmpende for stitrafikken. En anden del af forklaringen kan være, at farvet cykelfelt og stiplet midtlinje øger vej-stikrydsets synlighed og dermed trygheden og hastigheden hos stitrafikanterne.

Farvet cykelfelt kan tænkes at være tilføjet i nogle vej-stikryds, fordi der er sket uheld på disse lokaliteter. Det er således sandsynligt, at afmærkning som f.eks. blå cykelfelt forværrer sikkerheden i mindre omfang end med omkring 60 %, som uheldsmodellen angiver ved designkombination E og F i Figur 3.

Kanalisering i form af helle på sidevejen og/eller svingbaner på primærvejen indgår i de to modeller baseret på samtlige vej-stikryds med individuel uheldsperiode. Dette designtiltag øger også antallet af uheld/personskader i vej-stikrydset og kan måske være et udtryk for, at disse kryds er fysisk større og mere komplekse at gennemkøre. Det er dog værd at tage i betragtning, at kanalisering typisk reducerer antallet af uheld i selve vej-vejstikrydset.

## 4 Konklusion

Vej-stikryds i to plan er den mest trafiksikre løsning. Både uheldsfrekvenserne og uheldsmodellerne viser, at antallet af uheld er lavest blandt vej-stikryds i ét plan, hvis vigepligten er pålagt stitrafikken – helst minimum seks meter fra nærmeste kørespor til ligeudkørende trafik på primærvejen. For vej-stikryds, hvor stien krydser en sidevej, tyder modellerne på, at det er en fordel, at stien er placeret bag vigelinjen på sidevejen i forhold til vej-vejstikrydset. Er der ikke plads til at placere vej-stikrydset på sidevejen bag vigelinjen til vej-vejstikrydset, antyder uheldsfrekvenserne, at det er en fordel at placere stien så tæt på det nærmeste kørespor til ligeudkørende trafik på primærvejen som muligt. Vej-stikryds med høj ÅDT for stitrafik er sikrere for den enkelte stitrafikant end vej-stikryds med lav ÅDT for stitrafik.

Modellernes resultater med negative effekter af tydeligere markering af vej-stikryds ved skiltning og afmærkning på stien (stiplet midtlinje og/eller farvet cykelfelt) forventes at være knyttet til stitrafikanternes adfærd. Det kan tænkes, at vej-stikryds uden denne form for skiltning og afmærkning også er kendetegnet ved lavere hastighed blandt trafikanter både pga. den typiske placering af disse vej-stikryds på korte stistrækninger i boligområder og den jævnligt forekommende kombinationen af disse designvalg med stioplacering på ujævne overkørselsarealer. Tydelige stiforløb i vej-stikrydsene kan også øge stitrafikanternes tryghedsfølelse og muligvis øge deres hastighed og gøre dem mere uopmærksomme.

## Referencer

Buch, T. S., 2011. *Trafikantadfærd i kryds med dobbeltrettede cykelstier*. Speciale ved DTU Transport. Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet.

Buch, T. S. og Jensen, S. U., 2013. *Trafiksikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier*. Lyngby: Trafitec.